



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
09.11.2016 Patentblatt 2016/45

(51) Int Cl.:
G01S 7/497 (2006.01) **G01S 7/481** (2006.01)
G01S 17/87 (2006.01) **G01S 17/42** (2006.01)
G01S 17/10 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15166421.6**

(22) Anmeldetag: **05.05.2015**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA

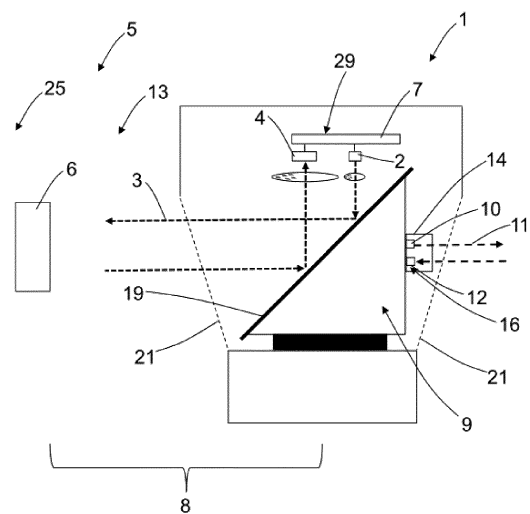
(71) Anmelder: **SICK AG**
79183 Waldkirch (DE)

(72) Erfinder:
• **Albert, Dr., Magnus**
79104 Freiburg (DE)
• **Sigmund, Jörg**
79100 Freiburg (DE)
• **Jachmann, Dr., Fabian**
79102 Freiburg (DE)

(54) **LASERSCANNER**

(57) Laserscanner 1 nach dem Lichtlaufzeitprinzip mit einem ersten Lichtsender 2, der aufeinanderfolgende erste Lichtimpulse 3 in einen Messbereich 5 bzw. Überwachungsbereich aussendet und mit einem ersten Lichtempfänger 4, welcher die an einem Objekt 6 im Messbereich 5 zurückgeworfenen Lichtimpulse aufnimmt und in Form von elektrischen Empfangssignalen einer Auswerteeinheit 7 zuführt, die unter Berücksichtigung der Lichtgeschwindigkeit aus der Zeit zwischen Aussendung und Empfang des Lichtimpulses ein für den Abstand 8 des Objektes 6 zum Laserscanner 1 repräsentatives Abstandssignal ermittelt sowie einer zwischen dem ersten Lichtsender 2 und dem Messbereich 5 angeordneten Lichtablenkeinheit 9, welche die Lichtimpulse in sich fortlaufend verändernden Richtungen in den Messbereich 5 umlenkt, wobei ein zweiter Lichtsender 10 vorhanden ist, der aufeinanderfolgende zweite Lichtimpulse mit reduzierter Leistung für einen Nahbereich 13 aussendet, ein zweiter Lichtempfänger 12 angeordnet ist, der dazu ausgebildet ist, die aus dem Nahbereich 13 zurückgeworfenen zweiten Lichtimpulse 11 aufzunehmen und die an einem Objekt 6 im Nahbereich 13 zurückgeworfenen zweiten Lichtimpulse in Form von elektrischen Empfangssignalen der Auswerteeinheit 7 zuführt, wobei der zweite Lichtsender 10 und der zweite Lichtempfänger 12 einen Nahbereichssensor 14 bilden.

Fig.3



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Laserscanner.

[0002] Laserscanner haben ein breites Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten und werden in vielen Bereichen zur Sicherung von Maschinen und Anlagen eingesetzt.

[0003] Basierend auf dem Prinzip der Lichtlaufzeit-Messung tastet ein Laserscanner wie ein optisches Radar seine Umgebung ab und erkennt zuverlässig Objekte in definierten Überwachungs- oder Schutzfeldern. Das tastende Messprinzip, das nicht auf ein festes Referenzziel angewiesen ist, macht Laserscanner äußerst flexibel und insbesondere auch für mobile Applikationen anwendbar.

[0004] Die Verwendung optischer Strahlung erlaubt es, Öffnungswinkel von Sender und Empfänger durch optische Elemente zu formen. In der Regel wird dabei der Sendestrahle möglichst kollimiert und die Empfangskeule an die Geometrie des Sendestrahs angepasst, um ein möglichst hohes Messsignal zu generieren und gleichzeitig unempfindlich gegen Fremdlicht und andere Störer zu sein. Die optischen Elemente beeinflussen maßgeblich den abstandsabhängigen Signalpegel, der vom Empfänger für ein Target, bzw. ein Objekt einer bestimmten Remission detektiert wird. Der Fachmann spricht hier von der Signaldynamik des Systems.

[0005] Wünschenswert wäre eine möglichst homogene Signaldynamik, bei der sich die Amplitude des detektierten Echosignals über den Abstand nur wenig ändert. Im Fernfeld bzw. Fernbereich fällt diese jedoch aufgrund der Lambertschen Strahlcharakteristik der Targets mit $1/\text{Abstand}^2$ ab.

[0006] Im Nahbereich steigt die Signaldynamik typischerweise von einem sehr niedrigen Wert direkt am Gerät schnell an und erreicht im Bereich von einigen Metern ihr Maximum. Insbesondere im Nahbereich ist eine Überlappung von Sende- und Empfangskeule für die Signaldynamik maßgeblich. Mit einfachen sphärischen Linsen lässt sich in der Regel keine zufriedenstellende Signaldynamik erreichen und man verwendet stattdessen asphärische Linsen oder Mehrzonenlinsen.

[0007] Insbesondere bei Sicherheitslaserscannern wird vorausgesetzt, dass auch Objekte direkt vor oder am Gerät detektiert werden und keine Bereiche entstehen, in denen das System 'blind' ist, was insbesondere bei biaxialen Anordnungen, bei denen sich die optischen Achsen von Sende- und Empfangspfad nicht überlagern, eine große Herausforderung darstellt.

[0008] Zudem spricht diese Anforderung einer weiteren entgegen, nämlich möglichst unempfindlich auf eine verschmutzte Frontscheibe zu reagieren. So kann eine verschmutzte Frontscheibe zu einer sehr starken Rückstreuung führen, welche das eigentliche Messsystem stark beeinflusst, und eventuell schon zu einem Überschreiten einer Auslöseschwelle führt. So wird in heutigen Scannern sehr viel Aufwand in die Optimierung/Ver-

ringerung des Frontscheibenrückreflexes gesteckt, um das Echosignal an der Frontscheibe unter einem 'Worst-Case' Signal bei maximaler Schutzfeldreichweite zu halten.

[0009] Laserscanner nach dem Stand der Technik verwenden in der Regel Mehrzonenlinsen im Empfangspfad, wobei die einzelnen Zonen unterschiedliche Brennweiten aufweisen und für die Detektion in einem bestimmten Abstand optimiert sind. Die Zonen können dabei konzentrisch oder asymmetrisch angeordnet sein.

[0010] Selbst bei der Verwendung von Mehrzonenlinsen ist die Detektionsfähigkeit im Nahbereich stark eingeschränkt. Zusätzlich verwenden die Nahbereichszonen einen nicht unerheblichen Teil der optischen Apertur und schränken so die effektive Fläche, die für die Detektion im Fernbereich zur Verfügung steht, ein und limitieren somit die Reichweite eines Laserscanners.

[0011] Die EP 1 983 354 A1 offenbart einen Laserscanner mit einem zweiten Hilfssender.

[0012] Die DE 102 44 641 A1 offenbart einen Laserscanner mit zwei Sendern und einem gemeinsamen Empfänger.

[0013] Die DE 44 02 642 A1 offenbart einen Laserscanner mit zwei Sendern für unterschiedliche Höhenabtastung.

[0014] Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Laserscanner bereitzustellen, der eine Messfähigkeit im Nahbereich sicherstellt. Eine weitere Aufgabe liegt darin, einen Laserscanner bereitzustellen, der eine verbesserte Detektion in einem Nahbereich und einem Fernbereich aufweist.

[0015] Die Aufgabe wird gemäß Anspruch 1 gelöst durch einen Laserscanner nach dem Lichtlaufzeitprinzip mit einem ersten Lichtsender, der aufeinanderfolgende erste Lichtimpulse in einen Messbereich aussendet und mit einem ersten Lichtempfänger, welcher die an einem Objekt im Messbereich zurückgeworfenen Lichtimpulse aufnimmt und in Form von elektrischen Empfangssignalen einer Auswerteeinheit zuführt, die unter Berücksichtigung der Lichtgeschwindigkeit aus der Zeit zwischen Aussendung und Empfang des Lichtimpulses ein für den Abstand des Objektes zum Laserscanner repräsentatives Abstandssignal ermittelt sowie einer zwischen dem ersten Lichtsender und dem Messbereich angeordneten Lichtblendenkennung, welche die Lichtimpulse in sich fortlaufend verändernden Richtungen in den Messbereich umlenkt, wobei ein zweiter Lichtsender vorhanden ist, der aufeinanderfolgende zweite Lichtimpulse mit reduzierter Leistung für einen Nahbereich aussendet, ein zweiter Lichtempfänger angeordnet ist, der dazu ausgebildet ist, die aus dem Nahbereich zurückgeworfenen zweiten Lichtimpulse aufzunehmen und die an einem Objekt im Nahbereich zurückgeworfenen zweiten Lichtimpulse in Form von elektrischen Empfangssignalen der Auswerteeinheit zuführt, wobei der zweite Lichtsender und der zweite Lichtempfänger einen Nahbereichssensor bilden.

[0016] Gemäß der Erfindung ist der zusätzliche Nah-

bereichssensor vorgesehen. Gemäß der Erfindung decken der erste Lichtsender und der erste Lichtempfänger nicht die gesamte Reichweite des Laserscanners ab. Vielmehr decken der erste Lichtsender und der erste Lichtempfänger nur einen Mittenbereich und einen Fernbereich ab. Dadurch kann der erste Lichtsender und Lichtempfänger exakt auf diesen Bereich eingestellt und dimensioniert werden.

[0017] Der Nahbereichssensor braucht dagegen nur den Nahbereich erfassen. Die Reichweite des Nahbereichssensors wird beispielsweise so ausgelegt, dass dieser den Nahbereich, beispielsweise bis zu 50 cm erfassen kann.

[0018] Daher kann der Nahbereichssensor, welcher den zweiten Lichtsender und den zweiten Lichtempfänger aufweist, auf den Nahbereich eingestellt und dimensioniert werden. Gemäß der Erfindung müssen bei der Auslegung des ersten Lichtsenders/Lichtempfängers und des zweiten Lichtsenders/Lichtempfängers weniger Kompromisse in der Auslegung und Dimensionierung vorgenommen werden.

[0019] Weiter kann der erste Lichtempfänger und der zweite Lichtempfänger von der Auswerteeinheit unterschiedlich ausgewertet werden. Beispielsweise wird der erste Lichtempfänger häufiger und in kleineren Zeitabständen ausgewertet als der zweite Lichtempfänger. Der zweite Lichtempfänger weist beispielsweise eine geringere Empfindlichkeit auf als der erste Lichtempfänger, so dass der zweite Lichtempfänger auf den Nahbereich eingestellt ist. Es kann auch vorgesehen sein, dass die Auswerteeinheit für den zweiten Empfänger eine höhere Empfangsschwelle vorsieht als für den ersten Empfänger.

[0020] Weiter kann der erste Lichtsender und der zweite Lichtsender von einer Steuereinheit unterschiedlich angesteuert werden. Beispielsweise wird der erste Lichtsender häufiger und in kleineren Zeitabständen angesteuert als der zweite Lichtsender. Weiter weist der erste Sender optional eine höhere Sendeleistung auf als der zweite Lichtsender.

[0021] Weiter kann der erste Lichtsender/Lichtempfänger und der zweite Lichtsender/Lichtempfänger von einer kombinierten Steuer- und Auswerteeinheit angesteuert bzw. ausgewertet werden.

[0022] Bei den Lichtsendern handelt es sich beispielsweise um einen Impulslaser der dazu ausgebildet ist, Laserpulse mit einer Dauer von ca. 0,3 ns bis 5 ns auszusenden.

[0023] Gemäß der Erfindung kann der Nahbereichssensor kompakt und kostengünstig ausgeführt werden, da die Anforderungen an den Nahbereichssensor geringer sind als die Anforderungen an das Haupt-Messsystem mit dem ersten Lichtsender und dem ersten Lichtempfänger.

[0024] Der Nahbereichssensor ist beispielsweise ein hochintegriertes Modul. Beispielsweise kann das Modul VL6180x von ST-Microelectronics verwendet werden. Dieses Modul ist sehr preiswert. Dieses Modul umfasst

in einem einzelnen Gehäuse mit den Abmessungen von ca. 5 mm x 3 mm neben dem zweiten Lichtsender und dem zweiten Lichtempfänger auch eine vollständige Steuer- und Auswerteeinheit. Denkbar ist aber auch die Verwendung anderer kompakter Nahbereichssensoren. Der Nahbereichssensor ist beispielsweise ein integriertes CMOS-Modul.

[0025] Eine optionale Optik des ersten Lichtsenders und des ersten Lichtempfängers kann auf eine Objektdetektion für größere Abstände, beispielsweise größer als 50 cm optimiert werden. Eine Verwendung von Mehrzonenlinsen ist damit nicht mehr notwendig.

[0026] Die Verwendung des Nahbereichssensors erlaubt es insbesondere, eine optionale Optik des Hauptmesssystems so auszulegen, dass dieser Objekte unmittelbar vor der Frontscheibe nicht erfasst, in diesem Bereich also 'blind' ist. Dies erhöht die Robustheit des Laserscanners, da Störungen durch Verschmutzung oder Benetzung der Frontscheibe nicht unmittelbar zu einer Fehldetektion führen.

[0027] Gemäß der Erfindung kann eine Sensitivität bzw. Empfindlichkeit im Nah- und Fernbereich generell besser aufeinander abgestimmt und insbesondere unabhängig voneinander abgestimmt werden, da diese nicht mehr voneinander abhängen.

[0028] In Weiterbildung der Erfindung ermittelt die Auswerteeinheit unter Berücksichtigung der Lichtgeschwindigkeit aus der Zeit zwischen Aussendung der zweiten Lichtimpulse durch den zweiten Lichtsender und Empfang der zweiten Lichtimpulse durch den zweiten Lichtempfänger ein für den Abstand des Objektes zum Laserscanner repräsentatives Abstandssignal. Dadurch kann die Auswerteeinheit ein genaues Abstandssignal im Nahbereich ermitteln, so dass die räumliche Lage des Objektes im Nahbereich genau erfasst werden kann. Dadurch liegen genaue Abstandsinformationen sowohl für den Nah-, Mittel-, und Fernbereich vor.

[0029] In Weiterbildung der Erfindung weist der zweite Lichtempfänger mindestens eine Einzelphotonenlawinendiode auf.

[0030] Die englische Originalbezeichnung von Einzelphotonenlawinendiode lautet 'Single Photon Avalanche Detektor', kurz SPAD. Weitere gängige Bezeichnungen von Einzelphotonenlawinendiode sind 'Silicon Photomultiplier', kurz SiPM, 'Geigermode Avalanche Photo Detektor' oder 'Single Photon Counting Diode'.

[0031] Durch die hohe Sensitivität der Einzelphotonenlawinendiode kann diese ohne Empfangsoptik verwendet werden. Denkbar ist aber auch die Verwendung einer konventionellen Optik für den zweiten Lichtsender und den zweiten Lichtempfänger oder der Einsatz von optischen Elementen auf Chiplevel. Weiter können Optiken in ein Chipgehäuse eines ASICs integriert sein, um einen kostengünstigen und kompakten Nahbereichssensor bei hohen Stückzahlen zu erreichen.

[0032] Auch ein optischer Bandpassfilter kann direkt auf dem Chip oder auf den optischen Elementen aufgedampft werden, um Hintergrundlicht abzuschwächen.

[0033] Weiter kann auch ein Einzelphotonenlawinendi-
 odenarray, welches eine Vielzahl von Einzelphotonen-
 lawinendi-oden in einer Matrixanordnung aufweist, vor-
 gesehen sein.

[0034] Durch die hohe Sensitivität, beispielsweise von
 Einzelphotonenlawinendi-odenarrays können entspre-
 chende Module, welche den zweiten Sender und den
 zweiten Empfänger beinhalten, je nach gewünschter
 Reichweite komplett ohne Sende- und/oder Empfangs-
 optik verwendet werden.

[0035] In Weiterbildung der Erfindung ist dem zweiten
 Lichtsender eine Sendeoptik, insbesondere eine Linse
 vorgeordnet.

[0036] Bei der Sendeoptik kann es sich beispielsweise
 um eine konventionelle Optik handeln. Jedoch können
 auch optische Elemente vorgesehen sein, welche direkt
 auf dem Chip des Lichtsenders angeordnet sind oder in
 den Chip des zweiten Lichtsenders integriert sind. Da-
 durch kann eine kostengünstige und kompakte Lösung
 bei hohen Stückzahlen erreicht werden.

[0037] In Weiterbildung der Erfindung ist dem zweiten
 Lichtempfänger eine Empfangsoptik, insbesondere eine
 Linse vorgeordnet.

[0038] Bei der Empfangsoptik kann es sich beispiels-
 weise um eine konventionelle Optik handeln. Jedoch
 können auch optische Elemente vorgesehen sein, wel-
 che direkt auf dem Chip des Lichtsenders angeordnet
 sind oder in den Chip des zweiten Lichtsenders integriert
 sind. Dadurch kann eine kostengünstige und kompakte
 Lösung bei hohen Stückzahlen erreicht werden.

[0039] Gemäß einer besonderen Ausführungsform ist
 der Nahbereichssensor an der Lichtablenkeinheit ange-
 ordnet, insbesondere auf der gegenüberliegenden Seite
 eines Umlenkspiegels der Lichtablenkeinheit.

[0040] Der Nahbereichssensor wird beispielsweise
 auf der Rückseite der Lichtablenkeinheit, also auf der
 gegenüberliegenden Seite des Umlenkspiegels ange-
 bracht und überstreicht mit einem Versatz von 180° den
 Erfassungsbereich des Laserscanners.

[0041] Dadurch können die Lichtsignale durch eine ge-
 meinsame Steuer- und Auswerteeinheit für den ersten
 Lichtsender und den zweiten Lichtsender nacheinander
 erzeugt werden.

[0042] Auch die Empfangssignale können durch eine
 gemeinsame Steuer- und Auswerteeinheit für den ersten
 Lichtempfänger und den zweiten Lichtempfänger na-
 cheinander erfasst und ausgewertet werden.

[0043] In einer weiteren bevorzugten Ausführung ist
 zwischen dem zweiten Lichtsender und dem Messbe-
 reich die Lichtablenkeinheit angeordnet, welche die
 zweiten Lichtimpulse in sich fortlaufend verändernden
 Richtungen in den Messbereich umlenkt.

[0044] Dadurch kann der zweite Lichtsender ortsfest
 am Gehäuse des Laserscanners angeordnet werden,
 wobei ein ortsveränderlicher Lichtstrahl über die Lichtab-
 lenkeinheit in den Messbereich bzw. Überwachungsbe-
 reich geführt wird.

[0045] In Weiterbildung der Erfindung ist die Messfre-

quenz des Nahbereichssensors geringer, als die Mess-
 frequenz des ersten Lichtsenders und des ersten Licht-
 empfängers.

[0046] Die Reichweite des Nahbereichssensors wird
 beispielsweise so ausgelegt, dass beispielsweise ein Be-
 reich bis zu 50 cm ausgehend vom Laserscanner erfasst
 wird. Da in diesem Bereich die transversale Ausdehnung
 der überstrichenen Winkelsegmente klein ist, kann bei-
 spielsweise die Messfrequenz des Nahbereichssensors
 im Vergleich zum eigentlichen Messsystem, nämlich
 dem ersten Lichtsender und dem ersten Lichtempfänger
 geringer sein.

[0047] Um beispielsweise eine Objektauflösung von 2
 cm zu realisieren, ist bei 50 cm Reichweite eine Win-
 kelauf-ösung von 2° ausreichend. Bei einer Rotationsfre-
 quenz des Spiegels von 25 Hz würde dies einer Wieder-
 holrate der Messung von etwa 4500 Hz entsprechen.

[0048] In Weiterbildung der Erfindung erfasst der Nah-
 bereichssensor Referenzttestziele des Laserscanners,
 wodurch der Nahbereichssensor überwachbar und test-
 bar ist. Die Referenzttestziele führen zu einem Referen-
 zsignal, welches zyklisch erfasst werden muss.

[0049] Nur wenn das Referenzsignal zyklisch erfasst
 wird, ist die Funktion des Laserscanners gewährleistet.
 Bei dem Referenzttestziel kann es sich beispielsweise
 um einen im Gehäuseinnern angeordneten Reflektor, ei-
 ne helle Referenzfläche und/oder eine dunkle Referenz-
 fläche handeln, so dass beispielsweise ein hoher Dyna-
 mikbereich überprüfbar ist.

[0050] In Weiterbildung der Erfindung erfasst der Nah-
 bereichssensor eine Frontscheibe des Laserscanners,
 wodurch Verschmutzungen auf der Frontscheibe detek-
 tierbar sind. Durch Verschmutzungen auf der Frontschei-
 be werden Abstandssignale bei bekanntem Abstand der
 Frontscheibe generiert. Dazu werden beispielsweise die
 Abstandssignale der Frontscheibe und die detektierte Si-
 gnalhöhe der von der Frontscheibe reflektierten Pulse
 bei nicht verschmutzter sauberer Frontscheibe einge-
 lernt und gespeichert. Bei einer verschmutzten Front-
 scheibe werden von der Frontscheibe stärkere Lichtemp-
 fangssignale erzeugt, woraufhin eine Verschmutzung
 der Frontscheibe festgestellt werden kann. Da eine
 Frontscheibe insbesondere häufig gleichmäßig stetig
 verschmutzt, kann durch einen festgelegten Schwellwert
 ein erlaubter bzw. ein nicht erlaubter Verschmutzungs-
 grad der Frontscheibe eingestellt werden.

[0051] In Weiterbildung der Erfindung erfasst der Nah-
 bereichssensor Reflektoren, insbesondere Retroreflek-
 toren im Messbereich. Dabei kann der Nahbereichssen-
 sor optional dazu ausgebildet sein, Reflektoren, insbe-
 sondere Retroreflektoren im Fernbereich zu erfassen.

[0052] Zur Entfernungsmessung des Nahbereichs-
 sensors sind verschiedene Lichtlaufzeitverfahren mit ei-
 ner entsprechenden Auswertung implementierbar.

[0053] Wie bereits erläutert, kann ein Pulsverfahren
 vorgesehen sein. Beispielsweise sind ein oder mehrere
 Zeit-zu-Digital-Konverter (time-to-digital-converter) für
 das Pulsverfahren vorgesehen, in dem jedes Einzelpho-

tonenereignis mit einem Zeitstempel versehen wird. Bei einem Nutzsignal treten daher mehrere Zeitstempel korreliert auf. Die Messwertgenerierung erfolgt statisch. Hintergrundlicht erzeugen hingegen zufällig verteilte Zeitstempel.

[0054] Weiter kann ein CW-Verfahren (Continuous Wave) bzw. das synonyme Dauerstrich-Verfahren eingesetzt werden, wobei ein zeitlich konstantes Lichtsignal eingesetzt wird. Bei diesem Verfahren werden über ein Gating-Signal die Einzelphotonenevents in zwei Zähler verteilt und aus dem Verhältnis der Zählerstände eine Phase berechnet.

[0055] Weiter können analoge Signale des Einzelphotonendiodenarrays ausgewertet werden. Diese werden mit einem Schwellwert verglichen, werden gesampelt oder werden mit statistischen Methoden ausgewertet.

[0056] Bei der Auswertung nach dem Lichtlaufzeitverfahren, kann zusätzlich zum Abstandswert auch ein Amplitudenwert generiert werden, z. B. durch ein Histogramm der Zeitstempel, durch die Zählrate oder durch die Spannungsamplitude bei einer analogen Auswertung. Durch den Amplitudenwert kann eine Plausibilitätsprüfung, insbesondere bei sicherheitstechnischen Anwendungen durchgeführt werden.

[0057] Zur sicherheitsgerichteten Selbsttestung kann der Nahbereichssensor einen zweiten Empfangskanal, also einen dritten Lichtempfänger aufweisen. Dieser dritte Lichtempfänger dient als Referenzempfänger und übernimmt die Aufgabe eines Referenzziels. Der dritte Empfänger sitzt in einer identischen Gehäusekammer des Nahbereichssensors wie der zweite Lichtsender und ist durch eine Kanaltrennung vom zweiten Lichtempfänger getrennt. Der dritte Lichtempfänger kann identisch wie der zweite Lichtempfänger ausgebildet sein.

[0058] Der Referenzempfänger zeichnet Signale synchron zur eigentlichen Messung mit dem zweiten Lichtempfänger auf und ermöglicht den Vergleich der Messsignale mit eingelernten Werten. Beispielsweise können der zeitliche Verlauf des Sendepulses und die Amplitude überprüft werden. Der Referenzempfänger kann beispielsweise auch in CMOS-Technologie integriert werden.

[0059] Der Referenzempfänger ermöglicht folgende Selbsttestungen:

Erstens kann über Streulicht innerhalb der Gehäusekammer des Nahbereichssensors im Referenzempfänger die Leistung, insbesondere Laserleistung des zweiten Lichtsenders in jedem Messzyklus überwacht werden. Große Abweichungen oder ein Ausfall des zweiten Lichtsenders können so erkannt werden.

Zweitens kann das genaue Zeitverhalten bzw. Timing des zweiten Lichtsenders überwacht werden und eventuell auftretende Offsets können korrigiert werden, z. B. bei Temperatureinflüssen.

Drittens kann eine verschmutzte Frontscheibe des Laserscanners über eine Änderung des Frontscheibenechos durch Rückstreuung an den Schmutzpartikeln auf der Frontscheibe detektiert werden.

Viertens sind Manipulationsversuche ebenfalls über die Rückstreuung zum Referenzempfänger erkennbar, auch wenn der zweite Lichtempfänger kein Signal erhält.

Fünftens kann in den Phasen, in denen kein Licht ausgesendet wird, an dem Referenzempfänger der Fremdlichtpegel gemessen werden. Das entsprechende Messsignal kann mit dem Signal des zweiten Lichtempfängers verglichen werden, wodurch die Sensitivität des zweiten Lichtempfängers verifiziert werden kann und mit optionaler anderer Skalierung zur Überprüfung des nötigen Signal-Rausch Abstandes im eigentlichen Messkanal herangezogen werden kann.

[0060] Weiter kann auch ein Referenzsender als dritter Lichtsender vorgesehen werden.

[0061] Der Referenzsender kann zur Testung des zweiten Lichtempfängers in der Gehäusekammer des zweiten Lichtempfängers integriert werden. Hierdurch kann eine Testung des Empfangskanals auf das Zeitverhalten bzw. Timing, sowie signalhöhenabhängige Effekte durchgeführt werden. Der Referenzsender ist hier bevorzugt nahe am zweiten Lichtempfänger angebracht und kann beispielsweise ebenfalls in CMOS integriert werden.

[0062] Aufgrund der räumlichen Nähe lässt sich der zusätzliche Referenzsender mit einem leistungsschwächeren und damit kostengünstigeren Lichtsender realisieren. Die Sendeleistung des Referenzsenders wird so eingestellt, dass die Signalthöhe den tatsächlichen Empfangssignalen des zweiten Lichtempfängers entspricht. Gleiches gilt für den zeitlichen Verlauf des Sendesignals des Referenzsenders.

[0063] Zur Testung des zweiten Lichtempfängers können optische Testpulse mit unterschiedlichen zeitlichen Verläufen und Amplituden verwendet werden und über ein steuerbares Delay relativ zum Startzeitpunkt der Messung eine Lichtlaufzeit initiiert werden.

[0064] Damit ermöglicht der Referenzsender folgende Testungen:

Erstens kann eine Linearität und eine Integrität der Empfangssignale des zweiten Lichtempfängers für verschiedene Verzögerungen bzw. Lichtlaufzeiten gewährleistet werden. Damit kann indirekt die Abstandsmessung überprüft werden.

Zweitens kann durch Messung der Signalthöhe mit unterschiedlichen Referenzamplituden die Dynamik und die Sensitivität des zweiten Lichtempfängers überprüft werden. Die Messungen können auch zur

Kompensation von Alterungseffekten oder Degradation oder zur Kompensation von Temperatureffekten verwendet werden. Im Laserscanner werden hierfür beispielsweise zwei Referenzziele angeordnet, wobei ein erstes Referenzziel eine hohe Remission aufweist und ein zweites Referenzziel eine niedrige Remission aufweist und die entsprechenden Messsignale während jeder Umdrehung einmal gemessen werden.

Drittens können z. B. bei Bedarf Übersteuerungsmessungen durchgeführt werden.

[0065] Hier kann es sich vorteilhaft auswirken, wenn Sende- und Empfangskonus einen moderaten Öffnungswinkel aufweisen und diffus reflektierende Objekte im Fernfeld aus energetischen Gründen nicht detektiert werden, während Reflektoren ausreichend Signale für eine Erkennung liefern. Dies hat den Vorteil, dass sich die Anforderungen an die beherrschbare Dynamik des ersten Lichtlaufzeit Messsystems mit dem ersten Lichtsender und dem ersten Lichtempfänger deutlich reduzieren.

[0066] Die Erfindung wird nachstehend auch hinsichtlich weiterer Vorteile und Merkmale unter Bezugnahme auf die beigelegte Zeichnung anhand von Ausführungsbeispielen erläutert. Die Figuren der Zeichnung zeigen in:

- Figur 1 einen Signalverlauf für eine 1-Zonen Empfangslinse nach dem Stand der Technik;
- Figur 2 einen Signalverlauf für eine 2-Zonen Empfangslinse nach dem Stand der Technik;
- Figur 3 einen Laserscanner gemäß der Erfindung;
- Figur 4 einen weiteren Laserscanner gemäß der Erfindung;
- Figur 5 einen Nahbereichssensor.

[0067] In den nachfolgenden Figuren sind identische Teile mit identischen Bezugszeichen versehen.

[0068] Figur 1 zeigt eine typische Signaldynamik für eine Einzonen-Empfangslinse nach dem Stand der Technik. Auf einer Y-Achse ist eine Signalamplitude aufgetragen. Auf einer X-Achse ist eine Signallaufzeit bzw. ein Abstand angegeben.

[0069] Figur 2 zeigt eine typische Signaldynamik für eine Zweizonen-Empfangslinse nach dem Stand der Technik. Auf einer Y-Achse ist eine Signalamplitude aufgetragen. Auf einer X-Achse ist eine Signallaufzeit bzw. ein Abstand angegeben. Mit dem Bezugszeichen 13 ist ein Nahbereich bzw. eine Nahbereichszone angegeben. Mit dem Bezugszeichen 25 ist ein Fernbereich bzw. eine Fernbereichszone angegeben.

[0070] Figur 3 bzw. Figur 4 zeigt einen Laserscanner 1 nach dem Lichtlaufzeitprinzip mit einem ersten Licht-

sender 2, der aufeinanderfolgende erste Lichtimpulse 3 in einen Messbereich 5 bzw. Überwachungsbereich aussendet und mit einem ersten Lichtempfänger 4, welcher die an einem Objekt 6 im Messbereich 5 zurückgeworfenen Lichtimpulse aufnimmt und in Form von elektrischen Empfangssignalen einer Auswerteeinheit 7 zuführt, die unter Berücksichtigung der Lichtgeschwindigkeit aus der Zeit zwischen Aussendung und Empfang des Lichtimpulses ein für den Abstand 8 des Objektes 6 zum Laserscanner 1 repräsentatives Abstandssignal ermittelt, sowie einer zwischen dem ersten Lichtsender 2 und dem Messbereich 5 angeordneten Lichtablenkeinheit 9, welche die Lichtimpulse in sich fortlaufend verändernden Richtungen in den Messbereich 5 umlenkt, wobei ein zweiter Lichtsender 10 vorhanden ist, der aufeinanderfolgende zweite Lichtimpulse mit reduzierter Leistung für einen Nahbereich 13 aussendet, ein zweiter Lichtempfänger 12 angeordnet ist, der dazu ausgebildet ist, die aus dem Nahbereich 13 zurückgeworfenen zweiten Lichtimpulse 11 aufzunehmen und die an einem Objekt 6 im Nahbereich 13 zurückgeworfenen zweiten Lichtimpulse in Form von elektrischen Empfangssignalen der Auswerteeinheit 7 zuführt, wobei der zweite Lichtsender 10 und der zweite Lichtempfänger 12 einen Nahbereichssensor 14 bilden.

[0071] Gemäß Figur 3 bzw. Figur 4 ist der zusätzliche Nahbereichssensor 14 dargestellt. Dabei decken der erste Lichtsender 2 und der erste Lichtempfänger 4 nicht die gesamte Reichweite des Laserscanners 1 ab. Vielmehr decken der erste Lichtsender 2 und der erste Lichtempfänger 4 nur einen Mittenbereich und einen Fernbereich 25 ab.

[0072] Der Nahbereichssensor 14 braucht dagegen nur den Nahbereich 13 zu erfassen. Die Reichweite des Nahbereichssensors 14 wird beispielsweise so ausgelegt, dass dieser den Nahbereich 13, beispielsweise bis zu 50 cm erfassen kann.

[0073] Daher kann der Nahbereichssensor 14, welcher den zweiten Lichtsender 10 und den zweiten Lichtempfänger 12 aufweist, auf den Nahbereich 13 eingestellt und dimensioniert werden.

[0074] Weiter kann der erste Lichtempfänger 4 und der zweite Lichtempfänger 12 von der Auswerteeinheit 7 unterschiedlich ausgewertet werden. Beispielsweise wird der erste Lichtempfänger 4 häufiger und in kleineren Zeitabständen ausgewertet als der zweite Lichtempfänger 12. Der zweite Lichtempfänger 12 weist beispielsweise eine geringere Empfindlichkeit auf als der erste Lichtempfänger 4, so dass der zweite Lichtempfänger 12 auf den Nahbereich 13 eingestellt ist. Es kann auch vorgesehen sein, dass die Auswerteeinheit 7 für den zweiten Lichtempfänger 12 eine höhere Empfangsschwelle vorsieht als für den ersten Lichtempfänger 4.

[0075] Weiter kann der erste Lichtsender 2 und der zweite Lichtsender 10 von einer Steuereinheit 28 unterschiedlich angesteuert werden. Beispielsweise wird der erste Lichtsender 2 häufiger und in kleineren Zeitabständen angesteuert als der zweite Lichtsender 10. Weiter

weist der erste Lichtsender 2 optional eine höhere Sendeleistung auf als der zweite Lichtsender 10.

[0076] Weiter kann der erste Lichtsender/Lichtempfänger und der zweite Lichtsender/Lichtempfänger von einer kombinierten Steuer- und Auswerteeinheit 29 angesteuert bzw. ausgewertet werden.

[0077] Bei den Lichtsendern handelt es sich beispielsweise um einen Impulslaser der dazu ausgebildet ist, Laserpulse mit einer Dauer von wenigen Pikosekunden auszusenden.

[0078] Der Nahbereichssensor 14 ist beispielsweise ein hochintegriertes Modul. Beispielsweise kann das Modul VL6180x von ST-Microelectronics verwendet werden. Dieses Modul umfasst in einem einzelnen Gehäuse mit den Abmessungen von ca. 5 mm x 3 mm neben dem zweiten Lichtsender 10 und dem zweiten Lichtempfänger 12 auch eine vollständige Steuer- und Auswerteeinheit.

[0079] Eine optionale Optik des ersten Lichtsenders 2 und des ersten Lichtempfängers 4 kann auf eine Objektdetektion für größere Abstände, beispielsweise größer als 50 cm optimiert werden.

[0080] Die Verwendung des Nahbereichssensors 14 erlaubt es insbesondere, eine optionale Optik des Hauptmesssystems so auszulegen, dass dieses Objekte 6 unmittelbar vor der Frontscheibe 21 nicht erfasst, in diesem Bereich also 'blind' ist.

[0081] Eine Sensitivität bzw. Empfindlichkeit kann im Nahbereich 13 und Fernbereich 25 generell besser aufeinander abgestimmt und insbesondere unabhängig voneinander abgestimmt werden, da diese nicht mehr voneinander abhängen.

[0082] Die Auswerteeinheit 7 ermittelt unter Berücksichtigung der Lichtgeschwindigkeit aus der Zeit zwischen Aussendung der zweiten Lichtimpulse 11 durch den zweiten Lichtsender 10 und Empfang der zweiten Lichtimpulse 11 durch den zweiten Lichtempfänger 12 ein für den Abstand 8 des Objektes 6 zum Laserscanner 1 repräsentatives Abstandssignal. Dadurch kann die Auswerteeinheit 7 ein genaues Abstandssignal im Nahbereich 13 ermitteln, so dass die räumliche Lage des Objektes 6 im Nahbereich 13 genau erfasst werden kann. Dadurch liegen genaue Abstandsinformationen sowohl für den Nahbereich 13, den Mittenbereich und den Fernbereich 25 vor.

[0083] Optional weist der zweite Lichtempfänger 12 mindestens eine Einzelphotonenlawinendiode 16 auf. Durch die hohe Sensitivität der Einzelphotonenlawinendiode 16 kann diese ohne Empfangsoptik verwendet werden. Denkbar ist aber auch die Verwendung einer konventionellen Optik für den zweiten Lichtsender 10 und den zweiten Lichtempfänger 12 oder der Einsatz von optischen Elementen auf Chiplevel. Weiter können Optiken in ein Chipgehäuse eines ASICs integriert sein, um einen kostengünstigen und kompakten Nahbereichssensor bei hohen Stückzahlen zu erreichen.

[0084] Auch ein optischer Bandpassfilter kann direkt auf dem Chip oder auf den optischen Elementen aufgedampft werden, um Hintergrundlicht abzuschwächen.

[0085] Weiter kann auch ein Einzelphotonenlawinendiodearray, welches eine Vielzahl von Einzelphotonenlawinendiode 16 in einer Matrixanordnung aufweist, vorgesehen sein.

[0086] Durch die hohe Sensitivität, beispielsweise von Einzelphotonenlawinendiodearrays können entsprechende Module, welche den zweiten Lichtsender 10 und den zweiten Lichtempfänger 12 beinhalten, je nach gewünschter Reichweite komplett ohne Sende- und/oder Empfangsoptik verwendet werden.

[0087] Insbesondere ist dem zweiten Lichtsender 10 eine Sendeoptik, insbesondere eine Linse vorgeordnet.

[0088] Bei der Sendeoptik kann es sich beispielsweise um eine konventionelle Optik handeln. Jedoch können auch optische Elemente vorgesehen sein, welche direkt auf dem Chip des zweiten Lichtsenders 10 angeordnet sind oder in den Chip des zweiten Lichtsenders 10 integriert sind.

[0089] Insbesondere ist dem zweiten Lichtempfänger 12 eine Empfangsoptik, insbesondere eine Linse vorgeordnet.

[0090] Bei der Empfangsoptik kann es sich beispielsweise um eine konventionelle Optik handeln. Jedoch können auch optische Elemente vorgesehen sein, welche direkt auf dem Chip des zweiten Lichtempfängers 12 angeordnet sind oder in den Chip des zweiten Lichtempfängers 12 integriert sind.

[0091] Gemäß Figur 3 ist der Nahbereichssensor 14 an der Lichtablenkeinheit 9 angeordnet, insbesondere auf der gegenüberliegenden Seite eines Umlenkspiegels 19 der Lichtablenkeinheit 9.

[0092] Der Nahbereichssensor 14 wird beispielsweise auf der Rückseite der Lichtablenkeinheit 9, also auf der gegenüberliegenden Seite des Umlenkspiegels 19 angebracht und überstreicht mit einem Versatz von 180° den Erfassungsbereich des Laserscanners 1.

[0093] Dadurch können die Lichtsignale durch eine gemeinsame Steuer- und Auswerteeinheit 29 für den ersten Lichtsender 2 und den zweiten Lichtsender 10 nacheinander erzeugt werden.

[0094] Auch die Empfangssignale können durch eine gemeinsame Steuer- und Auswerteeinheit 29 für den ersten Lichtempfänger 4 und den zweiten Lichtempfänger 12 nacheinander erfasst und ausgewertet werden.

[0095] In einer weiteren bevorzugten Ausführung gemäß Figur 4 ist zwischen dem zweiten Lichtsender 10 und dem Messbereich 5 die Lichtablenkeinheit 9 angeordnet, welche die zweiten Lichtimpulse 11 in sich fortlaufend verändernden Richtungen in den Messbereich 5 umlenkt.

[0096] Dadurch kann der zweite Lichtsender 10 ortsfest am Gehäuse 30 des Laserscanners 1 angeordnet werden, wobei ein ortsveränderlicher Lichtstrahl über die Lichtablenkeinheit 9 in den Messbereich 5 bzw. Überwachungsbereich geführt wird.

[0097] Optional ist die Messfrequenz des Nahbereichssensors 14 geringer, als die Messfrequenz des ersten Lichtsenders 2 und des ersten Lichtempfängers 4.

[0098] Die Reichweite des Nahbereichssensors 14 wird beispielsweise so ausgelegt, dass beispielsweise ein Bereich bis zu 50 cm ausgehend vom Laserscanner 1 erfasst wird. Da in diesem Bereich die transversale Ausdehnung der überstrichenen Winkelsegmente klein ist, kann beispielsweise die Messfrequenz des Nahbereichssensors 14 im Vergleich zum eigentlichen Messsystem, nämlich dem ersten Lichtsender 2 und dem ersten Lichtempfänger 4 geringer sein.

[0099] Um beispielsweise eine Objektauflösung von 2 cm zu realisieren, ist bei 50 cm Reichweite eine Winkelauflösung von 2° ausreichend. Bei einer Rotationsfrequenz des Spiegels von 25 Hz würde dies einer Wiederholrate der Messung von etwa 4500 Hz entsprechen.

[0100] Vorzugsweise erfasst der Nahbereichssensor 14 Referenztestziele 20 des Laserscanners 1, wodurch der Nahbereichssensor 14 testbar ist. Die Referenztestziele 20 führen zu einem Referenzsignal, welches zyklisch erfasst werden muss. Nur wenn das Referenzsignal zyklisch erfasst wird, ist die Funktion des Laserscanners 1 gewährleistet. Bei dem Referenztestziel kann es sich beispielsweise um einen im Innern des Gehäuses 30 angeordneten Reflektor, eine helle Referenzfläche und/oder eine dunkle Referenzfläche handeln, so dass beispielsweise ein hoher Dynamikbereich überprüfbar ist.

[0101] Insbesondere erfasst der Nahbereichssensor 14 eine Frontscheibe 21 des Laserscanners 1, wodurch Verschmutzungen auf der Frontscheibe 21 detektierbar sind. Durch Verschmutzungen auf der Frontscheibe 21 werden Abstandssignale bei bekanntem Abstand der Frontscheibe 21 generiert. Dazu werden beispielsweise die Abstandssignale der Frontscheibe 21 bei nicht verschmutzter sauberer Frontscheibe 21 eingelernt und gespeichert. Bei einer verschmutzten Frontscheibe 21 werden von der Frontscheibe 21 stärkere Lichtempfangssignale erzeugt, woraufhin eine Verschmutzung der Frontscheibe 21 festgestellt werden kann. Da eine Frontscheibe 21 insbesondere häufig gleichmäßig stetig verschmutzt, kann durch einen festgelegten Schwellwert ein erlaubter bzw. ein nicht erlaubter Verschmutzungsgrad der Frontscheibe 21 eingestellt werden.

[0102] Optional erfasst der Nahbereichssensor 14 Reflektoren 22, insbesondere Retroreflektoren im Messbereich 5. Dabei kann der Nahbereichssensor 14 optional dazu ausgebildet sein, Reflektoren 22, insbesondere Retroreflektoren im Fernbereich 25 zu erfassen.

[0103] Hier kann es sich vorteilhaft auswirken, wenn Sende- und Empfangskonus des Nahbereichssensors einen moderaten Öffnungswinkel aufweisen und diffus reflektierende Objekte im Fernbereich 25 aus energetischen Gründen nicht detektiert werden, während Reflektoren 22 ausreichend Signale für eine Erkennung liefern. Dies hat den Vorteil, dass sich die Anforderungen an die beherrschbare Dynamik des ersten Lichtlaufzeit Messsystems mit dem ersten Lichtsender 2 und dem ersten Lichtempfänger 4 deutlich reduzieren.

[0104] Figur 5 zeigt einen Nahbereichssensor 14. Zur

sicherheitsgerichteten Selbsttestung kann der Nahbereichssensor 14 einen zweiten Empfangskanal, also einen dritten Lichtempfänger aufweisen. Dieser dritte Lichtempfänger dient als Referenzempfänger 27 und übernimmt die Aufgabe eines Referenzziels. Der dritte Lichtempfänger sitzt in einer identischen Gehäusekammer 31 des Nahbereichssensors 14 wie der zweite Lichtsender 10 und ist durch eine Kanaltrennung vom zweiten Lichtempfänger 12 getrennt. Der dritte Lichtempfänger kann identisch wie der zweite Lichtempfänger 12 ausgebildet sein.

[0105] Der Referenzempfänger 27 zeichnet Signale synchron zur eigentlichen Messung mit dem zweiten Lichtempfänger 12 auf und ermöglicht den Vergleich der Messsignale mit eingelernten Werten. Beispielsweise können der zeitliche Verlauf des Sendepulses und die Amplitude überprüft werden.

[0106] Der Referenzempfänger 27 ermöglicht folgende Selbsttestungen:

Erstens kann über Streulicht innerhalb der Gehäusekammer 31 des Nahbereichssensors 14 im Referenzempfänger 27 die Leistung, insbesondere Laserleistung des zweiten Lichtsenders 10 in jedem Messzyklus überwacht werden. Große Abweichungen oder ein Ausfall des zweiten Lichtsenders 10 können so erkannt werden.

Zweitens kann das genaue Zeitverhalten bzw. Timing des zweiten Lichtsenders 10 überwacht werden und eventuell auftretende Offsets können korrigiert werden, z. B. bei Temperatureinflüssen.

Drittens kann eine verschmutzte Frontscheibe 21 des Laserscanners 1 über eine Änderung des Frontscheibenechos durch Rückstreuung an den Schmutzpartikeln auf der Frontscheibe 21 detektiert werden.

Viertens sind Manipulationsversuche ebenfalls über die Rückstreuung zum Referenzempfänger 27 erkennbar, auch wenn der zweite Lichtempfänger 12 kein Signal erhält.

Fünftens kann in den Phasen, in denen kein Licht ausgesendet wird, an dem Referenzempfänger 27 der Fremdlichtpegel gemessen werden. Das entsprechende Messsignal kann mit dem Signal des zweiten Lichtempfängers 12 verglichen werden, wodurch die Sensitivität des zweiten Lichtempfängers 12 verifiziert werden kann und mit optionaler anderer Skalierung zur Überprüfung des nötigen Signal-Rausch Abstandes im eigentlichen Messkanal herangezogen werden.

[0107] Weiter kann auch ein Referenzsender 26 als dritter Lichtsender vorgesehen werden.

[0108] Der Referenzsender 26 kann zur Testung des

zweiten Lichtempfängers 12 in der Gehäusekammer 32 des zweiten Lichtempfängers 12 integriert werden. Hierdurch kann eine Testung des Empfangskanals des Nahbereichssensors 14 auf das Zeitverhalten bzw. Timing sowie signalhöhenabhängige Effekte durchgeführt werden. Der Referenzsender 26 ist hier bevorzugt nahe am zweiten Lichtempfänger 12 angebracht und kann beispielsweise ebenfalls wie der zweite Lichtempfänger und wie der Referenzempfänger in CMOS integriert werden.

[0109] Aufgrund der räumlichen Nähe lässt sich der zusätzliche Referenzsender 26 mit einem leistungsschwächeren und damit kostengünstigeren Lichtsender realisieren. Die Sendeleistung des Referenzsenders 26 wird so eingestellt, dass die Signalthöhe den tatsächlichen Empfangssignalen des zweiten Lichtempfängers 12 entspricht. Gleiches gilt für den zeitlichen Verlauf des Sendesignals des Referenzsenders 26.

[0110] Zur Testung des zweiten Lichtempfängers 12 können optische Testpulse mit unterschiedlichen zeitlichen Verläufen und Amplituden verwendet werden und über ein steuerbares Delay relativ zum Startzeitpunkt der Messung eine Lichtlaufzeit simuliert werden.

[0111] Damit ermöglicht der Referenzsender 26 folgende Testungen:

Erstens kann eine Linearität und eine Integrität der Empfangssignale des zweiten Lichtempfängers 12 für verschiedene Verzögerungen bzw. Lichtlaufzeiten gewährleistet werden. Damit kann indirekt die Abstandsmessung überprüft werden.

Zweitens kann durch Messung der Signalthöhe mit unterschiedlichen Referenzamplituden die Dynamik und die Sensitivität des zweiten Lichtempfängers 12 überprüft werden. Die Messungen können auch zur Kompensation von Alterungseffekten oder Degradation oder zur Kompensation von Temperatureffekten verwendet werden. Im Laserscanner 1 werden hierfür beispielsweise zwei Referenztestziele 20 angeordnet, wobei ein erstes Referenztestziel eine hohe Remission aufweist und ein zweites Referenztestziel eine niedrige Remission aufweist und die entsprechenden Messsignale während jeder Umdrehung einmal gemessen werden.

Drittens können z. B. bei Bedarf Übersteuerungsmessungen durchgeführt werden.

[0112] Hier kann es sich vorteilhaft auswirken, wenn Sende- und Empfangskonus des Nahbereichssensors 14 einen moderaten Öffnungswinkel aufweisen und diffus reflektierende Objekte im Fernbereich 25 aus energetischen Gründen nicht detektiert werden, während Reflektoren ausreichend Signale für eine Erkennung liefern. Dies hat den Vorteil, dass sich die Anforderungen an die beherrschbare Dynamik des ersten Lichtlaufzeit Messsystems mit dem ersten Lichtsender 10 und dem ersten Lichtempfänger 12 deutlich reduzieren.

Bezugszeichen:

[0113]

5	1 Laserscanner
	2 erster Lichtsender
	3 erste Lichtimpulse
	4 erster Lichtempfänger
	5 Messbereich
10	6 Objekt
	7 Auswerteeinheit
	8 Abstand
	9 Lichtablenkeinheit
	10 zweiter Lichtsender
15	11 zweite Lichtimpulse
	12 zweiter Lichtempfänger
	13 Nahbereich
	14 Nahbereichssensor
	16 Einzelphotonenlawinendiode
20	19 Umlenkspiegel
	20 Referenztestziele
	21 Frontscheibe
	22 Reflektor
	25 Fernbereich
25	26 Referenzlichtsender
	27 Referenzlichtempfänger
	29 Steuer- und Auswerteeinheit
	30 Gehäuse
	31 Gehäusekammer
30	32 Gehäusekammer

Patentansprüche

- 35 1. Laserscanner nach dem Lichtlaufzeitprinzip mit einem ersten Lichtsender (2), der aufeinanderfolgende erste Lichtimpulse (3) in einen Messbereich (5) aussendet und mit
 - 40 - einem ersten Lichtempfänger (4), welcher die an einem Objekt (6) im Messbereich (5) zurückgeworfenen Lichtimpulse (3) aufnimmt und in Form von elektrischen Empfangssignalen einer Auswerteeinheit (7) zuführt,
 - 45 - die unter Berücksichtigung der Lichtgeschwindigkeit aus der Zeit zwischen Aussendung und Empfang des Lichtimpulses (3) ein für den Abstand (8) des Objektes (6) zum Laserscanner (1) repräsentatives Abstandssignal ermittelt
 - sowie einer zwischen dem ersten Lichtsender (2) und dem Messbereich (5) angeordneten Lichtablenkeinheit (9), welche die Lichtimpulse (3) in sich fortlaufend verändernden Richtungen in den Messbereich (5) umlenkt,

dadurch gekennzeichnet,

- **dass** ein zweiter Lichtsender (10) vorhanden

- ist, der aufeinanderfolgende zweite Lichtimpulse (11) mit reduzierter Leistung in einen Nahbereich (13) aussendet,
- **dass** ein zweiter Lichtempfänger (12) angeordnet ist, der dazu ausgebildet ist, die aus dem Nahbereich (13) zurückgeworfenen zweiten Lichtimpulse (11) aufzunehmen
 - und die an einem Objekt (6) im Nahbereich (13) zurückgeworfenen zweiten Lichtimpulse (11) in Form von elektrischen Empfangssignalen der Auswerteeinheit (7) zuführt,
 - wobei der zweite Lichtsender (10) und der zweite Lichtempfänger (12) einen Nahbereichssensor (14) bilden.
2. Laserscanner nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswerteeinheit (7) unter Berücksichtigung der Lichtgeschwindigkeit aus der Zeit zwischen Aussendung der zweiten Lichtimpulse (11) durch den zweiten Lichtsender (10) und Empfang der zweiten Lichtimpulse (11) durch den zweiten Lichtempfänger (12) ein für den Abstand (8) des Objektes (6) zum Laserscanner (1) repräsentatives Abstandssignal ermittelt.
 3. Laserscanner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Lichtempfänger (12) mindestens eine Einzelphotonenlawinendiode (16) aufweist.
 4. Laserscanner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem ersten Lichtsender (2) eine Sendeoptik, insbesondere eine Linse vorgeordnet ist.
 5. Laserscanner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem ersten Lichtempfänger (4) eine Empfangsoptik, insbesondere eine Linse vorgeordnet ist.
 6. Laserscanner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Nahbereichssensor (14) an der Lichtablenkeinheit (9) angeordnet ist, insbesondere auf der gegenüberliegenden Seite eines Umlenkspiegels (19) der Lichtablenkeinheit (9).
 7. Laserscanner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem zweiten Lichtsender (10) und dem Messbereich (5) die Lichtablenkeinheit (9) angeordnet ist, welche die zweiten Lichtimpulse (11) in sich fortlaufend verändernden Richtungen in den Messbereich (5) umlenkt.
 8. Laserscanner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messfrequenz des Nahbereichssensors (14) geringer ist als die Messfrequenz des ersten Lichtsenders (2) und des ersten Lichtempfängers (4).
 9. Laserscanner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Nahbereichssensor (14) Referenztestziele (20) des Laserscanners (1) erfasst, wodurch der Nahbereichssensor (14) testbar ist.
 10. Laserscanner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Nahbereichssensor (14) eine Frontscheibe (21) des Laserscanners (1) erfasst, wodurch Verschmutzungen auf der Frontscheibe (21) detektierbar sind.
 11. Laserscanner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Nahbereichssensor (14) Reflektoren (22), insbesondere Retroreflektoren im Messbereich (5) erfasst.
 12. Laserscanner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Nahbereichssensor (14) einen dritten Lichtempfänger als Referenzempfänger (27) als zweiten Empfangskanal zur sicherheitsgerichteten Selbsttestung aufweist.
 13. Laserscanner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Nahbereichssensor (14) einen dritten Lichtsender als Referenzlichtsender (26) zur sicherheitsgerichteten Selbsttestung aufweist.

Fig.1

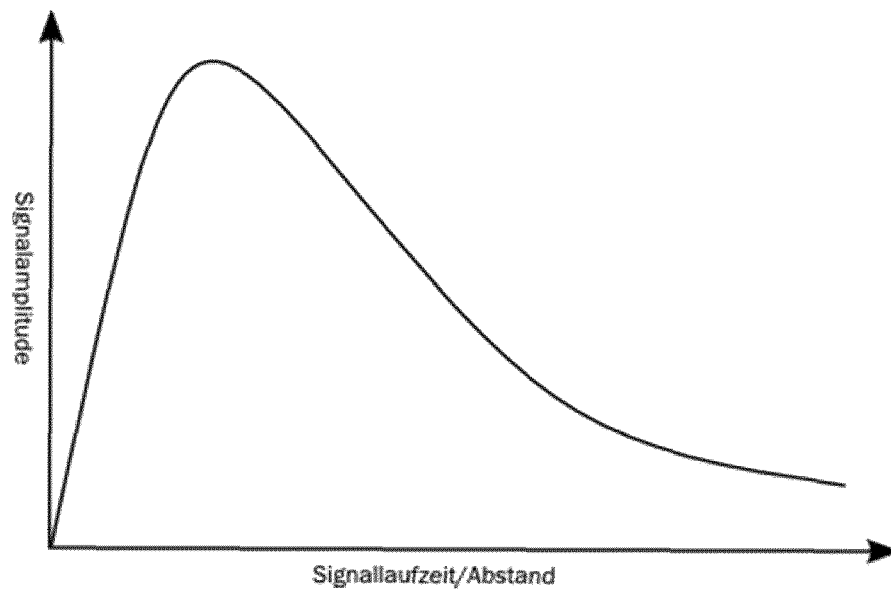


Fig.2

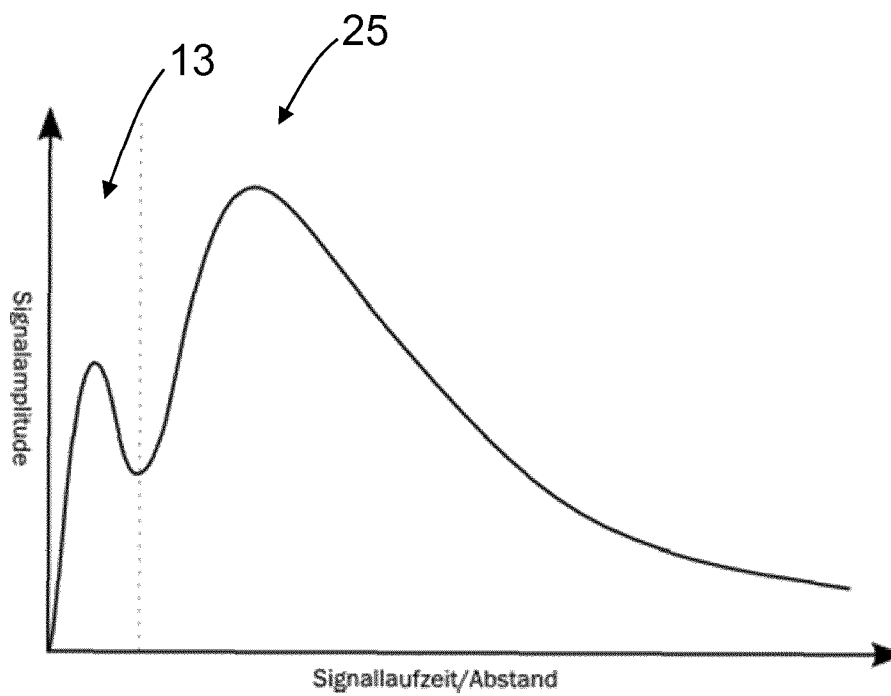


Fig.3

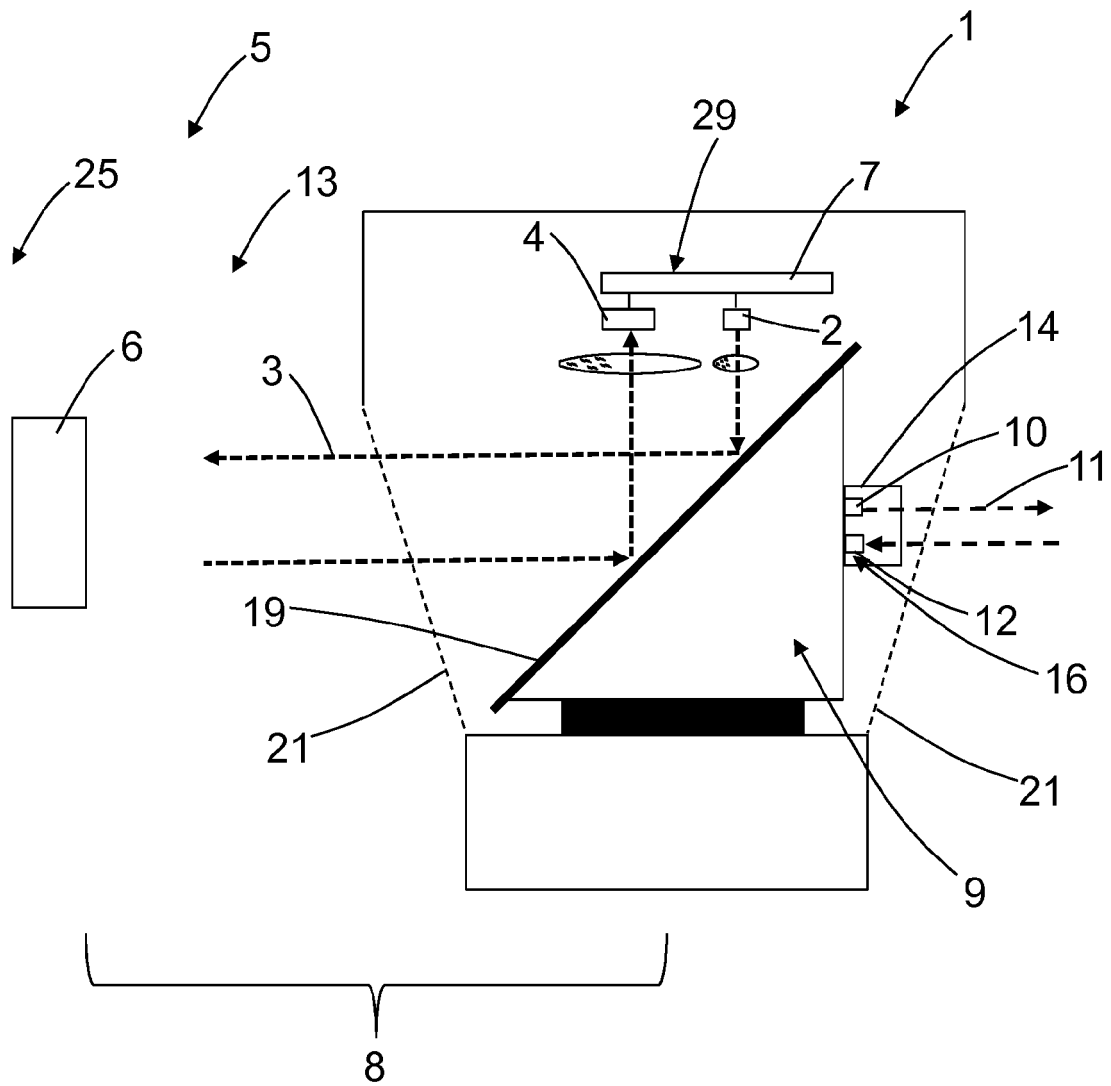


Fig.4

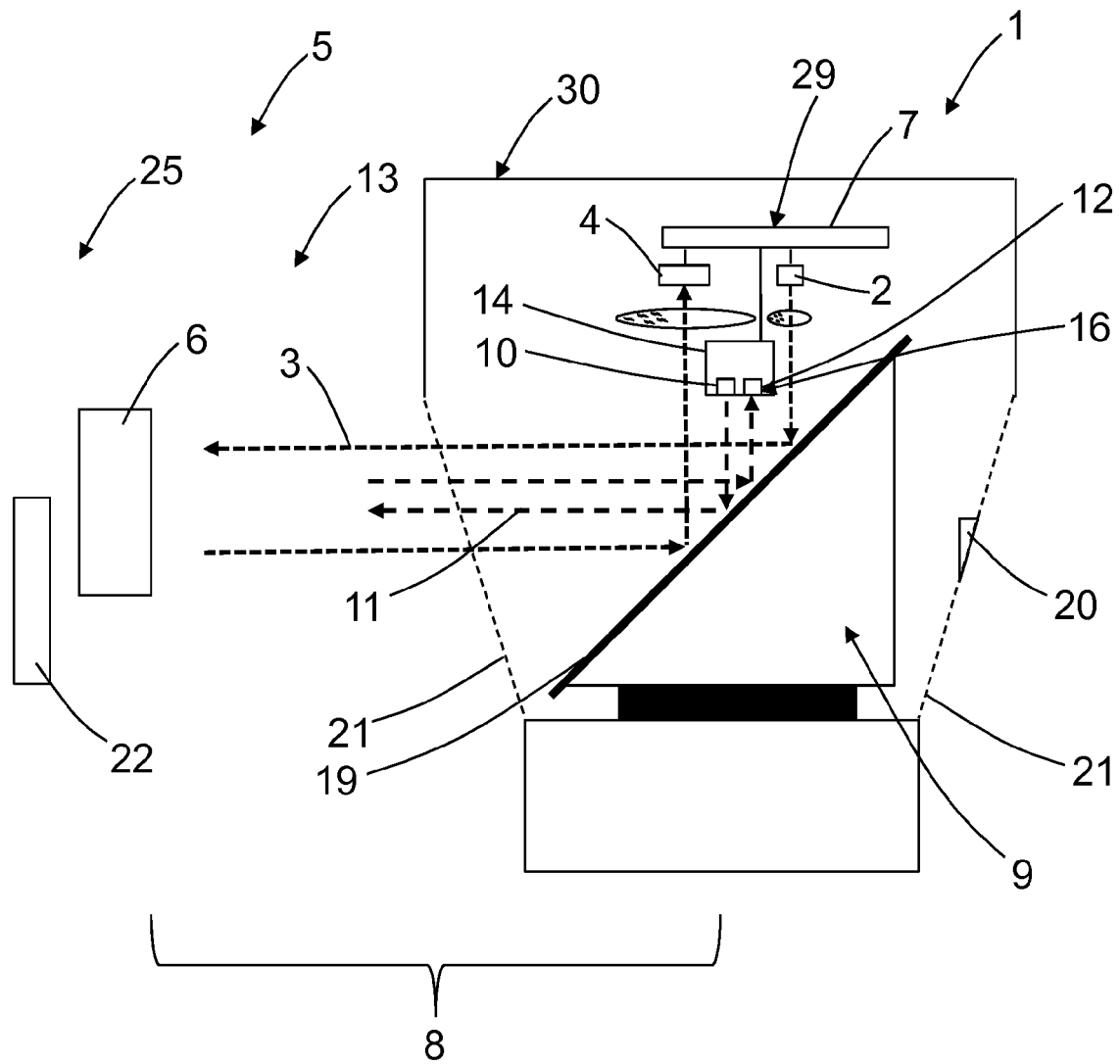
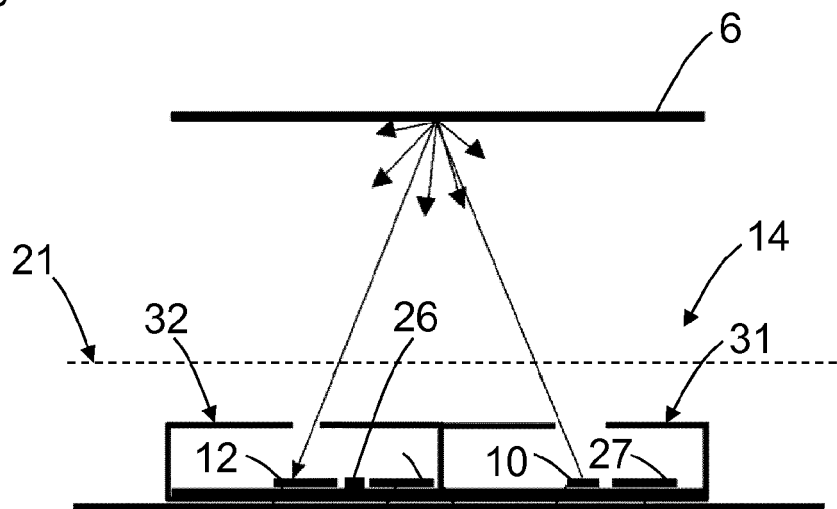


Fig.5





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 15 16 6421

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	WO 2006/077588 A2 (ELBIT SYS ELECTRO OPTICS ELOP [IL]; KRUPKIN VLADIMIR [IL]; YANIV AVISH) 27. Juli 2006 (2006-07-27) * Seite 63, Zeilen 3-13, Seite 63, Zeilen 3-13, 15 und 30- Seite 64, Zeile 1, Seite 2, Zeilen 9-15 und Seite 60, Zeilen 12 und 16, Seite 65, Zeilen 24-28, Seite 12, Zeilen 24-27, Seite 67, Zeilen 4-19; Abbildungen 11,3a,12 *	1-13	INV. G01S7/497 G01S7/481 G01S17/87 G01S17/42 G01S17/10
Y	DE 198 58 129 A1 (CATERPILLAR INC [US]) 17. Juni 1999 (1999-06-17) * Spalte 3, Zeilen 36-41, Spalte 4, Zeilen 6-9 und 17-24, Spalte 5, Zeile 43-Spalte 6, Zeile 14; Abbildungen 2, 8, 4c *	1-13	
Y	WO 98/16801 A1 (SCHWARTZ ELECTRO OPTICS INC [US]; WANGLER RICHARD J [US]; GUSTAVSON RO) 23. April 1998 (1998-04-23) * Seite 15, Zeilen 4-14; Abbildung 3 *	3,7	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Y	KR 2013 0130358 A (KOREA IND TECH INST [KR]) 2. Dezember 2013 (2013-12-02) * das ganze Dokument *	6,8-13	G01S
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 12. November 2015	Prüfer Metz, Carsten
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 16 6421

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

12-11-2015

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	WO 2006077588 A2	27-07-2006	EP 1842082 A2 US 2009262760 A1 US 2011096320 A1 WO 2006077588 A2	10-10-2007 22-10-2009 28-04-2011 27-07-2006
20	DE 19858129 A1	17-06-1999	AU 9609398 A DE 19858129 A1 JP H11258339 A US 6055042 A	08-07-1999 17-06-1999 24-09-1999 25-04-2000
25	WO 9816801 A1	23-04-1998	AU 4822297 A WO 9816801 A1	11-05-1998 23-04-1998
30	KR 20130130358 A	02-12-2013	KEINE	
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1983354 A1 [0011]
- DE 10244641 A1 [0012]
- DE 4402642 A1 [0013]